



Aplikasi Koagulasi pada Pengolahan Air Bersih Menggunakan Serbuk Biji Bunga Flamboyan (*Detonix regia L.*) sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Kekeruhan¹

*Application of Coagulation in Raw Water Treatment of Clean Water Using Flamboyant Flower Seed Powder (*Detonix regia L.*) as a Biocoagulant to Reduce Turbidity*

Noly Paulina Febriani, Ririn Endah Badriani², Audiananti Meganandi Kartini

Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember.

ABSTRAK

Air baku untuk air bersih dalam pemanfaatannya diperlukan adanya pengolahan, hal ini dikarenakan adanya kandungan bahan pencemar dalam air baku. Banyaknya kandungan bahan organik dan bahan anorganik pada badan air akan menyebabkan air menjadi keruh. Pengolahan air bersih secara kimia yang dapat dilakukan salah satunya adalah koagulasi dan flokulasi. Koagulan alami yang dapat digunakan untuk proses koagulasi air baku adalah biji bunga flamboyan (*Delonix regia L.*), dimana kandungan protein pada biji bunga flamboyan sebesar 8.75% dan asam amino kationik berupa lisin 32,78 mg/g, arginin 66,14 mg/g, dan histidin 32,83 mg/g. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis optimum biji bunga flamboyan (*Detonix regia L.*) dan pH optimum dalam menurunkan kekeruhan air baku pada pengolahan air bersih. Sampel air yang digunakan adalah air bersih hasil pengolahan dari PDAM Tegal Gede Jember yang diatur kekeruhan dan pH awalnya. Variasi kekeruhan pada air baku buatan adalah 50 NTU, 75 NTU dan 100 NTU dengan pH 4 - 9. Dosis optimum yang didapatkan dari setiap sampel air kekeruhan buatan berbeda-beda, semakin tinggi nilai kekeruhan airnya, maka semakin besar kebutuhan dosis koagulannya. pH optimum dalam menurunkan kekeruhan pada pengolahan air bersih dengan menggunakan serbuk biji bunga flamboyan (*Detonix regia L.*) adalah pada pH asam.

Kata kunci: Biji bunga flamboyan, Biokoagulan, Koagulasi-flokulasi

ABSTRACT

Raw water for clean water in its utilization requires processing, this is due to the presence of pollutants in the raw water. The high content of organic and inorganic materials in water bodies will cause the water to become cloudy. One of the ways to treat clean water chemically is coagulation and flocculation. Natural coagulants that can be used for the coagulation process of raw water are flamboyant flower seeds (*Delonix regia L.*), where the protein content of flamboyant flower seeds is 8.75% and cationic amino acids in the form of lysine 32.78 mg/g, arginine 66.14 mg/g, and histidine 32.83 mg/g. This study aims to determine the optimum dose of flamboyant flower seeds (*Detonix regia L.*) and the optimum pH in reducing the turbidity of raw water in clean water treatment. The water sample used was clean water processed from PDAM Tegal Gede Jember which was regulated by turbidity and initial pH. Turbidity variations in artificial raw water are 50 NTU, 75 NTU and 100 NTU with a pH of 4 - 9. The optimum dose obtained from each artificial turbidity water sample is different, the higher the turbidity value of the water, the greater the need for coagulant doses. The optimum pH in reducing turbidity in clean water treatment using flamboyant flower seed powder (*Detonix regia L.*) is at an acidic pH.

Keywords: Flamboyant flower seeds, Biocoagulants, Coagulation-flocculation

¹ Info Artikel: Received: 16 July 2022, Accepted: 25 Desember 2023

² Corresponding Author: Ririn Endah Badriani, Email ririn.teknik@unej.ac.id

PENDAHULUAN

Air baku, menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Kriteria air baku yang aman untuk dikonsumsi adalah air yang tidak tercemar, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa (Sari & Huljana, 2019). Meski begitu, aktivitas manusia seperti membuang sampah dan limbah industri ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran pada sumber air tersebut (Akhtar et al., 2021). Kekeruhan merupakan salah satu indikator pencemaran air, dimana jumlah bahan organik dan anorganik yang tinggi dalam badan air dapat menyebabkan air menjadi keruh (Maslukah et al., 2022). Kekeruhan pada air dapat membuat air berwarna lebih gelap dari warna sebenarnya, sehingga air tersebut tidak layak untuk dikonsumsi (Mitiku, 2020). Oleh karena itu, untuk memenuhi kriteria air baku tersebut, diperlukan proses pengolahan salah satunya dengan koagulasi dan flokulasi. Baku mutu kekeruhan berdasarkan Kepmenkes RI Nomor 492/MEN.KES/PER/IV/2010 yaitu tidak melebihi 5 NTU (Silitonga et al., 2019).

Proses koagulasi dan flokulasi dilakukan secara berurutan. Tahap koagulasi terdiri dari pengadukan cepat dan penambahan koagulan. Pengadukan cepat menyebabkan koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif (Wiguna et al., 2020). Selain itu, penambahan koagulan harus dilakukan dengan cepat sehingga koagulan yang telah larut dapat menyebar secara merata. Jenis koagulan yang dapat digunakan dibedakan menjadi koagulan alami dan koagulan kimia (Simbolon et al., 2020). Pada dasarnya koagulan kimia dapat memberikan hasil yang baik, tetapi juga memiliki banyak kelemahan yaitu ketidak efektifan pada air bersuhu rendah, membutuhkan biaya yang relatif tinggi, dan efek buruk pada kesehatan manusia (Vishali et al., 2020). Oleh karena itu, biokoagulan atau koagulan berbahan dasar tanaman dan cangkang organisme menjadi solusi untuk mengatasi efek yang disebabkan oleh koagulan kimia (Harahap et al., 2022; Nasrulloh et al., 2021). Setelah mengalami proses koagulasi, selanjutnya air baku mengalami proses flokulasi (Riski et al., 2023).

Biji bunga flamboyan (*Delonix regia* L.) merupakan salah satu biokoagulan yang dapat digunakan dalam proses koagulasi air baku untuk menurunkan tingkat kekeruhan terutama pada kondisi air keruh ringan hingga menengah (Olabanji, 2021; Yero et al., 2021). Tanaman ini mudah ditemukan dan memiliki sifat *biodegradable* atau mudah terurai secara alami, sehingga lebih aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Ariati & Ratnayani, 2017). Kandungan protein pada biji bunga flamboyan sebesar 8.75% dan asam amino kationik berupa lisin 32,78 mg/g, arginin 66,14 mg/g, dan histidin 32,83 mg/g (Ulfa, 2022). Protein yang terkandung dalam koagulan alami berperan aktif sebagai polielektrolit alami yang perannya mirip dengan koagulan sintetik (Hendrawati et al., 2013). Meski begitu, belum banyak penelitian yang mengkaji potensi biji bunga flamboyan sebagai koagulan.

Penelitian sebelumnya menggunakan biji daun kelor menunjukkan bahwa dosis optimal untuk menurunkan Tingkat kekeruhan sebesar 278 NTU sebesar 600 ppm atau secara statistik setara dengan penggunaan tawas sebesar 200 mg/L, mencapai penurunan beban kekeruhan hingga 92% (Vega Andrade et al., 2021). Selain itu, koagulan bubuk biji Hanjeli dengan dosis optimum sebesar 300 ppm dengan pH 4, mampu menurunkan kekeruhan hingga 96%, menghasilkan kekeruhan akhir sebesar 3,74 NTU (Febrianti et al., 2023). Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis optimum biji bunga flamboyan

(*Detonix regia* L.) dan pH optimum dalam menurunkan kekeruhan air baku pada pengolahan air bersih. Penelitian ini menggunakan sampel air dari air bersih hasil pengolahan PDAM Tegal Gede Jember yang diatur kekeruhan dan pH awalnya. Variasi kekeruhan pada air baku buatan adalah 50 NTU, 75 NTU dan 100 NTU yang menggambarkan kondisi cemar berat (Kurniawan et al., 2021), dengan variasi pH 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 yang menggambarkan kondisi pH asam – basa (Alnawajha et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah blender, ayakan 100 mesh, *jar test*, neraca analitik, *beaker glass* 500 ml, pH meter, pipet tetes dan pipet volume, wadah penampung air, batang pengaduk dan turbidimeter.

Bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah serbuk biji bunga flamboyan, air bersih hasil pengolahan PDAM Tegal Gede, serbuk bentonite untuk mengatur kekeruhan, larutan NaOH dan HCl untuk mengatur variasi pH, serta *aquadest*.

Pembuatan Biokoagulan Serbuk Biji Bunga Flamboyan (*Detonix regia* L.)

Proses pembuatan serbuk biji bunga flamboyan (Nurhayati, 2012) adalah sebagai berikut.

1. Biji flamboyan kering digiling dengan blender hingga menjadi serbuk.
2. Setelah itu, serbuk biji flamboyan diayak dengan ayakan 100 mesh.
3. Setelah diayak serbuk biji bunga flamboyan dapat digunakan sebagai biokoagulan.

Pembuatan Variasi Kekeruhan dan pH

Pembuatan air baku kekeruhan dilakukan dengan menambahkan serbuk bentonite pada air bersih hasil pengolahan PDAM Tegal Gede Jember. Variasi kekeruhan pada air baku buatan adalah 50 NTU, 75 NTU dan 100 NTU.

Pembuatan variasi pH dilakukan dengan menambahkan HCl dan NaOH ke dalam air sampel. Penambahan larutan HCl dilakukan untuk mengkondisikan pH air sampel menjadi asam, dan penambahan larutan NaOH untuk mengkondisikan pH air sampel menjadi basa. Variasi pH yang dilakukan yaitu pH 4, 5, 6, 7, 8, dan 9.

Proses Koagulasi-Flokulasi Air Baku Kekeruhan Buatan

Koagulasi-flokulasi dilakukan dengan menambahkan serbuk biji bunga flamboyan yang telah ditimbang sesuai kebutuhan pada sampel air, kemudian dilakukan dengan analisis jar test. Pengadukan cepat pada analisis jar test dilakukan dengan kecepatan 100 rpm selama 90 detik, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 50 rpm selama 25 menit, dan yang terakhir dilanjutkan dengan pengendapan selama 60 menit. Flokulasi berfungsi untuk memperbesar inti flok yang telah terbentuk ada unit koagulasi. Flokulasi dengan sistem hidrolik memanfaatkan beda ketinggian air.

Skenario Dosis Optimum Biokoagulan Serbuk Biji Bunga Flamboyan (*Detonix regia* L.) dalam Menurunkan Kekeruhan pada Air Baku Kekeruhan Buatan

Penambahan dosis koagulan pada sampel air dengan kekeruhan buatan 50, 75, dan 100 NTU dilakukan *trial and error* hingga mendapatkan titik optimum dalam menurunkan kekeruhan. Titik optimum adalah nilai kekeruhan terendah yang didapatkan dari semua penambahan dosis koagulan pada sampel air. Namun, pada titik tertentu nilai kekeruhan yang ditambahkan dosis koagulan akan mengalami kenaikan (Permatasari & Apriliani, 2013). Hasil dari ketiga skenario dibandingkan untuk mengetahui pH optimum dalam menurunkan kekeruhan pada air baku kekeruhan 50, 75, dan 100 NTU.

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian adalah kekeruhan, pH dan dosis koagulan. Variasi kekeruhan yang digunakan meliputi 50 NTU, 75 NTU, dan 100 NTU. Variasi pH yang digunakan meliputi 4, 5, 6, 7, 8, dan 9.

Variabel Terikat

Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian adalah kekeruhan (NTU).

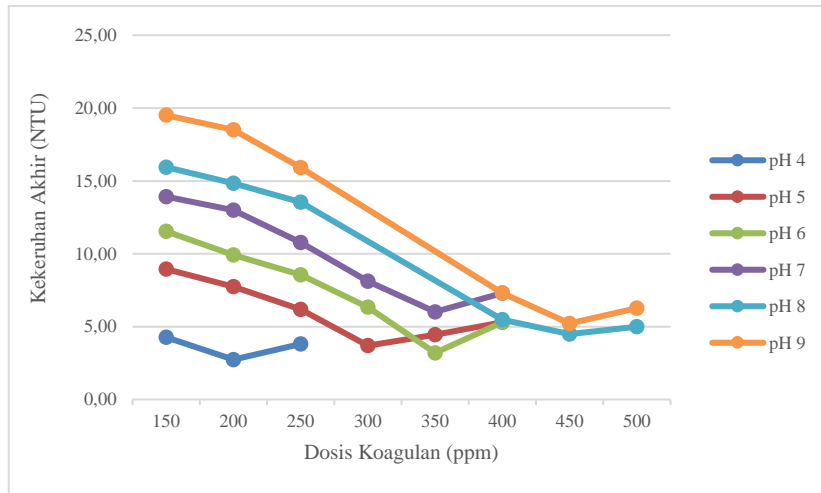
Variabel Kontrol

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian adalah jumlah sampel air sebanyak 200 ml, kecepatan pengadukan proses koagulasi yaitu 100 rpm selama 90 detik, kecepatan pengadukan proses flokulasi yaitu 50 rpm selama 25 menit, dan proses pengendapan membutuhkan waktu selama 60 menit.

HASIL

Dosis Optimum Air Baku Kekeruhan Buatan 50 NTU

Variasi dosis koagulan yang digunakan untuk menurunkan kekeruhan pada air baku kekeruhan 50 NTU pH 5 antara lain 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm, dan 400 ppm. Percobaan dilakukan 3 kali pengulangan (triplo), untuk memperoleh nilai yang akurat. Grafik dari penurunan kekeruhan pada air baku kekeruhan buatan 50 NTU dengan semua variasi pH dapat dilihat pada **Gambar 1**.

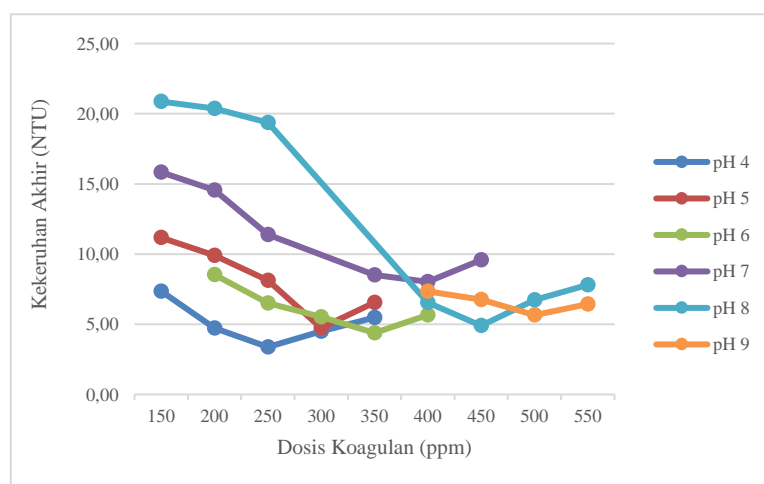


Gambar 1 Grafik Penurunan Kekeruhan pada Air Kekeruhan 50 NTU

Berdasarkan **Gambar 1** nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 4 setelah analisis jar test adalah 2,74 NTU dengan dosis optimum 200 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 5 adalah 3,69 NTU dengan dosis optimum 300 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 6 adalah 3,20 NTU dengan dosis optimum 350 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 7 adalah 6,01 NTU dengan dosis optimum 400 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 8 adalah 4,49 NTU dengan dosis optimum 450 ppm. Pada variasi pH 9 nilai kekeruhan akhir terendah setelah analisis jar test adalah 5,22 NTU dengan dosis optimum 450 ppm.

Dosis Optimum Air Baku Kekeruhan Buatan 75 NTU

Variasi dosis koagulan yang ditambahkan untuk menurunkan kekeruhan pada air baku kekeruhan buatan 75 NTU adalah 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm, 400 ppm, 450 ppm, 500 ppm, dan 550 ppm. Percobaan dilakukan 3 kali pengulangan (triplo), untuk memperoleh nilai yang akurat. Grafik dari penurunan kekeruhan pada air baku kekeruhan buatan 75 NTU dengan semua variasi pH dapat dilihat pada **Gambar 2**.

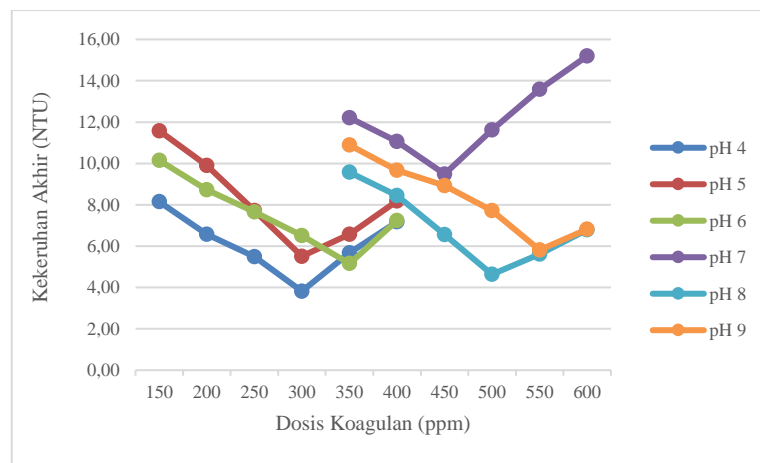


Gambar 2 Grafik Penurunan Kekeruhan pada Air Kekeruhan 75 NTU

Berdasarkan **Gambar 2** nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 4 setelah analisis jar test adalah 3,38 NTU dengan dosis optimum 250 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 5 adalah 4,74 NTU dengan dosis optimum 300 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 6 adalah 4,39 NTU dengan dosis optimum 350 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 7 adalah 8,03 NTU dengan dosis optimum 400 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 8 adalah 4,90 NTU dengan dosis optimum 450 ppm. Pada variasi pH 9 nilai kekeruhan akhir terendah setelah analisis jar test adalah 5,65 NTU dengan dosis optimum 500 ppm.

Dosis Optimum Air Baku Kekeruhan Buatan 100 NTU

Variasi dosis koagulan yang ditambahkan untuk menurunkan kekeruhan pada air baku kekeruhan buatan 100 NTU adalah 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm, 400 ppm, 450 ppm, 500 ppm, 550 ppm, dan 600 ppm. Percobaan dilakukan 3 kali pengulangan (triplo), untuk memperoleh nilai yang akurat. Grafik dari penurunan kekeruhan pada air baku kekeruhan buatan 100 NTU dengan semua variasi pH dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Grafik Penurunan Kekeruhan pada Air Kekeruhan 100 NTU

Berdasarkan **Gambar 3** nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 4 setelah analisis jar test adalah 3,82 NTU dengan dosis optimum 300 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 5 adalah 5,51 NTU dengan dosis optimum 300 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 6 adalah 5,16 NTU dengan dosis optimum 350 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 7 adalah 9,49 NTU dengan dosis optimum 450 ppm. Nilai kekeruhan akhir terendah pada variasi pH 8 adalah 4,63 NTU dengan dosis optimum 500 ppm. Pada variasi pH 9 nilai kekeruhan akhir terendah setelah analisis jar test adalah 5,81 NTU dengan dosis optimum 550 ppm.

PEMBAHASAN

Dosis Optimum dalam Menurunkan Kekeruhan pada Air Baku Kekeruhan Buatan dengan Biokoagulan Serbuk Biji Bunga Flamboyan (*Detonix regia* L.)

Penggunaan biji bunga flamboyan sebagai koagulan alami dalam proses pengolahan air baku telah menunjukkan hasil yang sangat positif. Dalam penelitian ini, dosis biji bunga

flamboyan sebesar 200, 250 dan 300 ppm berhasil menghasilkan penurunan kekeruhan yang signifikan pada berbagai tingkat kekeruhan air baku 50, 75, dan 100 NTU. Persentase penurunan kekeruhan mencapai 94,52%, 95,49%, dan 96,18% untuk masing-masing tingkat kekeruhan tersebut. Hasil koagulasi menggunakan biji bunga flamboyan menghasilkan nilai kekeruhan akhir sebesar 2,74 NTU, 3,38 NTU dan 3,82 NTU. Semua nilai kekeruhan akhir tersebut berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh Kepmenkes RI Nomor 492/MEN.KES/PER/IV/2010, yang membatasi kekeruhan air baku tidak melebihi 5 NTU. Keberhasilan biji bunga flamboyan sebagai koagulan alami dapat menjadi alternatif yang efektif dan berkelanjutan dalam pengolahan air baku, dimana biji bunga flamboyan mampu menurunkan kadar kekeruhan hingga 92% dari kekeruhan awal sebesar 520 NTU (Judith et al., 2014). Selain memberikan hasil yang sesuai dengan standar kesehatan, penggunaan biji bunga flamboyan juga memenuhi prinsip-prinsip ekologi dengan sifat biodegradable-nya (Louis et al., 2018).

pH Optimum dalam Menurunkan Kekeruhan pada Air Baku Kekeruhan Buatan dengan Biokoagulan Serbuk Biji Bunga Flamboyan (*Delonix regia* L.)

Pada pH asam biokoagulan serbuk biji bunga flamboyan bekerja optimum dibandingkan pada pH netral dan pH basa. Pada pH asam yaitu 4 dan 5 hanya memerlukan dosis koagulan yang relatif kecil untuk mendapatkan nilai kekeruhan terendah. Kekeruhan air baku berhasil diturunkan dengan baik pada pH 2 atau kondisi asam (Judith et al., 2014), sehingga larutan NaCl dan KCl terbukti menjadi pelarut yang efektif untuk mengekstrak komponen koagulan aktif pada biji bunga flamboyan yang berkontribusi pada peningkatan aktivitas koagulasi. Dibandingkan dengan nilai kekeruhan akhir, pada pH netral dan pH basa membutuhkan dosis koagulan yang besar untuk mendapatkan nilai kekeruhan terendah. Hal tersebut terjadi akibat adanya protonasi pada gugus amino (NH_2) dari protein yang terlarut dari biji bunga flamboyan, sehingga gugus amino tersebut berinteraksi dengan H^+ dari larutan menjadi $-\text{NH}_3^+$. Gugus $-\text{NH}_3^+$ mendukung terjadinya ikatan antara protein biji bunga flamboyan dengan partikel-partikel koloid yang bermuatan negatif (Hendrawati et al., 2013).

KESIMPULAN

Biji bunga flamboyan (*Delonix regia* L.) memiliki potensi sebagai biokoagulan yang efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan pada pengolahan air bersih. Dalam eksperimen menggunakan air buatan dengan kekeruhan sebesar 50, 75, dan 100 NTU, ditemukan bahwa dosis optimum serbuk biji bunga flamboyan bervariasi tergantung pada pH air baku. Dosis optimum meningkat seiring dengan peningkatan tingkat kekeruhan air buatan. Pada dasarnya, semakin tinggi tingkat kekeruhan air, maka semakin tinggi dosis serbuk biji bunga flamboyan yang dibutuhkan. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pH asam, khususnya pada pH 4 dan pH 5, merupakan kondisi optimum dalam menurunkan kekeruhan pada pengolahan air bersih menggunakan serbuk biji bunga flamboyan. Hal ini memberikan informasi tambahan terkait parameter lingkungan yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan biokoagulan ini secara optimal.

SARAN

Disarankan untuk melakukan uji kualitas air baku untuk mengetahui kondisi sebelum dan sesudah pengolahan dengan biji bunga flamboyan. Selain itu, pengamatan terhadap parameter lainnya juga diperlukan untuk menghasilkan gambaran yang lebih komprehensif terkait potensi biji bunga flamboyan sebagai koagulan dalam mengolah air baku.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, N., Syakir Ishak, M. I., Bhawani, S. A., & Umar, K. (2021). Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. In *Water (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 19). <https://doi.org/10.3390/w13192660>
- Alnawajha, M. M., Abdullah, S. R. S., Hasan, H. A., Othman, A. R., & Kurniawan, S. B. (2022). Effectiveness of using water-extracted *Leucaena leucocephala* seeds as a coagulant for turbid water treatment: effects of dosage, pH, mixing speed, mixing time, and settling time. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03233-2>
- Ariati, N. K., & Ratnayani, K.-. (2017). Skrining Potensi Jenis Biji Polong-Polongan (Famili Fabaceae) Dan Biji Labu-Labuan (Famili Cucurbitaceae) Sebagai Koagulan Alami Pengganti Tawas. *Jurnal Kimia*. <https://doi.org/10.24843/jchem.2017.v11.i01.p03>
- Febrianti, M., Pramitasari, N., & Kartini, A. M. (2023). Dosis Koagulan Optimum pada Proses Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Serbuk Biji Hanjeli dalam Menurunkan Kekeruhan. *Jurnal Dampak*, 20(1). <https://doi.org/10.25077/dampak.20.1.1-7.2023>
- Harahap, J., Ashari, T. M., & Munar, C. H. (2022). Pemanfaatan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Penatu. *Amina*.
- Hendrawati, H., Syamsumarsih, D., & Nurhasni, N. (2013). Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) dan Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) Sebagai Koagulan Alami Dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1). <https://doi.org/10.15408/jkv.v3i1.326>
- Judith, J. V., Siddique, Y. A., Irfan, K. M., Rafiuddin, A. M., Siddique, T. M., Engineering, C., & Hakeem, C. A. (2014). Extraction of Natural Coagulant from Royal Poinciana (*Delonix regia*) Seed to Treat Turbid Water. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(4).
- Kurniawan, S. B., Abdullah, S. R. S., Othman, A. R., Purwanti, I. F., Imron, M. F., Ismail, N. I., Ahmad, A., & Hasan, H. A. (2021). Isolation and characterisation of bioflocculant-producing bacteria from aquaculture effluent and its performance in treating high turbid water. *Journal of Water Process Engineering*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102194>
- Louis, M. R., Sorokhaibam, L. G., Bhandari, V. M., & Bundale, S. (2018). Multifunctional activated carbon with antimicrobial property derived from *Delonix regia* biomaterial for treatment of wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.11.056>
- Maslukah, L., Setiawan, R. Y., Nurdin, N., Helmi, M., & Widiaratih, R. (2022). Phytoplankton chlorophyll-a biomass and the relationship with water quality in barrang caddi, spermonde, indonesia. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 23(1). <https://doi.org/10.12912/27197050/143064>
- Mitiku, A. A. (2020). A Review on Water Pollution: Causes, Effects and Treatment methods.

- International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 60(2).
- Nasrulloh, S. Q., Dewi, E. R. S., & Dzakiy, M. A. (2021). Kombinasi Kitosan Cangkang Keong Sawah (Pila Apullacea) dan Kerang Darah (Anadara Granosa) sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Kadar COD, TSS pada Limbah Cair Batik. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Enterpreneurship VII*, 1(1).
- Olabanji, T. (2021). Evaluation Of Delonix Regia Seeds As A Natural Coagulant In The Treatment Of Low Turbid Water. *Futa Journal Of Engineering And Engineering Technology*, 15(2). <https://doi.org/10.51459/futajeet.2021.15.2.358>
- Permatasari, T. J., & Apriliani, E. (2013). Optimasi Penggunaan Koagulan dalam Proses Penjernihan Air. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1).
- Riski, A., Purnaini, R., & Kadaria, U. (2023). Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Sungai Menjadi Air Bersih. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2). <https://doi.org/10.26418/jtlb.v11i2.65742>
- Sari, M., & Huljana, M. (2019). Analisis Bau, Warna, TDS, pH, dan Salinitas Air Sumur Gali di Tempat Pembuangan Akhir. *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 3(1), 1–5. <https://doi.org/10.19109/alkimia.v3i1.3135>
- Silitonga, S. S., Wahyuningsih, P., & Amri, Y. (2019). Pengaruh Penambahan Koagulan Tawas Al₂(SO₄)₃ terhadap Tingkat Kekeruhan Sumber Air Baku di PDAM Tirta Keumueneng Kota Langsa Aceh. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 1(1).
- Simbolon, A. M., Handayani, N. I., Setianingsih, N. I., Mukmin, A., Rame, R., Djayanti, S., Purwanto, A., Fatkhurrahman, J. A., Sari, ikha R. J., Nugroho, M. S. E., Asiyanto, D. W., Vistanty, H., Malik, R. A., Yuliasni, R., & Pratiwi, N. I. (2020). *Sustainable Industry : Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* (A. M. Simbolon (ed.)). Penerbit Andi.
- Ulfa, M. (2022). *Pemanfaatan Serbuk Biji Flamboyan (Delonix regia) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Uptd Rumah Pemotongan Hewan Kota Banda Aceh* [Universitas Islam Negeri Ar-Raniry]. [https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/29697/1/Mira Ulfa, 180702147, FST, TL, 082272810575.pdf](https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/29697/1/Mira%20Ulfa,%20180702147,%20FST,%20TL,%20082272810575.pdf)
- Vega Andrade, P., Palanca, C. F., de Oliveira, M. A. C., Ito, C. Y. K., & dos Reis, A. G. (2021). Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation. *Journal of Water Process Engineering*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101859>
- Vishali, S., Sakthivel, S., Karthick, R., & Gowsigan, V. S. (2020). A sustainable approach for the treatment of industrial effluent using a grecoagulant cassia fistula vs. chemical coagulant. *Desalination and Water Treatment*, 196. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.26031>
- Wiguna, I. M. C., Yuningrat, N. W., & Gunamantha, I. M. (2020). Penurunan Kekeruhan, Kadar Las Dan Fosfat Limbah Cucian Rumah Tangga Dengan Metode Kombinasi Pengolahan Koagulasi Dan Proses Oksidasi Lanjut Sistem UV/H₂O₂. *International Journal of Applied Chemistry Research*, 2(2). <https://doi.org/10.23887/ijacr.v2i2.28980>
- Yero, J. P., Muhammad, I. M., Bello, A. M., Yusuf, A. A., & Musa, A. Y. (2021). Development of Bench Scale Water Treatment Unit for the Treatment of Medium Turbid Water: The Use of Natural Coagulant. *Path of Science*, 7(1), 1001–1009. <https://doi.org/10.22178/pos.66-4>